

05.4;12

## Объемная магнитострикция импульсного тока керамического сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

© Е.А. Дулькин

НИИ механики и прикладной математики при РГУ, Ростов-на-Дону

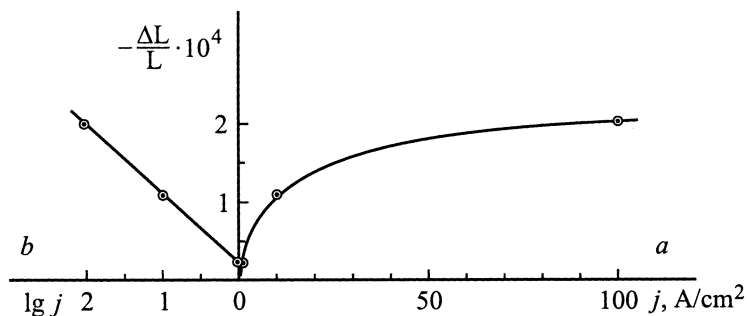
Поступило в Редакцию 10 января 2000 г.

Объемная магнитострикция керамического сверхпроводника  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  при  $T = 77$  К под действием импульсов постоянного тока измерена дифференциальным dilatометром с погрешностью не хуже  $10^{-7}$ . Установлено, что магнитострикция является отрицательной и ее величина подчиняется логарифмическому закону в зависимости от плотности тока. Показано, что межзеренные прослойки вносят существенный вклад в величину магнитострикции керамических образцов  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ .

Известно, что магнитострикция сверхпроводников включает в себя несколько слагаемых [1]. В отсутствие перемагничивания основной вклад в магнитострикцию вносит слагаемое, обусловленное давлением внешнего магнитного поля: оно всегда отрицательно, т.е. приводит к сжатию образцов.

Экспериментальные измерения магнитострикции керамических образцов  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  при  $T = 4.2$  К были проведены на емкостном dilatометре [2]. При увеличении магнитной индукции наблюдалась значительная положительная магнитострикция, вопреки теории [1]. При уменьшении магнитной индукции магнитострикция изменяла знак, а ее величина имела порядок  $10^{-7}$  в слабых полях до 1 Т. Различие в величинах магнитострикции, а также смена ее знака объяснялись условиями пиннинга в керамических образцах  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ .

Для изучения влияния межзеренных прослоек измерялась магнитострикция керамических образцов  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  в магнитном поле тока, протекающего через образцы при  $T = 77$  К [3]. Измерялся акустический отклик пьезопреобразователя, проградуированного в единицах давления, вызванного магнитострикцией образцов под действием импульсов тока. Полученная таким образом зависимость давления от тока представляет



*a* — зависимость относительной магнитострикции  $\Delta L/L$  от плотности тока  $j$  керамических образцов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  при  $T = 77$  К; *b* — зависимость данной магнитострикции от логарифма плотности тока  $\lg j$ .

собой S-образную кривую с продолжительным линейным участком, входящим в насыщение уже при плотности тока  $200 \text{ A/cm}^2$ . Отмеченная нелинейность является, очевидно, следствием соответствующей нелинейности пьезоприемника. Кроме того, методика акустического отклика, примененная в [3], не позволяет определить знак магнитострикции.

Таким образом, существенный разброс величин и неопределенность знака требуют дополнительного исследования магнитострикции керамических образцов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ .

В настоящей работе исследовались керамические образцы  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  в форме цилиндра с высотой  $5 \text{ mm}$  и диаметром  $2.5 \text{ mm}$ , имеющие  $T_c = 92 \text{ K}$ ,  $\Delta T_c = 2 \text{ K}$  и плотность  $4.5\text{--}4.8 \text{ g/cm}^3$ . Измерения проводились по методике [4]. Образец устанавливался на полированную поверхность торца кварцевого цилиндра в криогенной камере. Сверху в камеру вводились два штока дифференциального dilatометра с погрешностью не хуже  $10^{-7}$ . Температура измерялась хромель-алюмелевой термопарой, спай которой находился в непосредственном контакте с образцом. Контакты из медной фольги подключались к образцу посредством серебряной пасты. Контакты ориентировались перпендикулярно к образцу и параллельно друг другу так, чтобы магнитные поля токов, протекающих через них, взаимно компенсировались. Жидкий азот накачивался в камеру через специальный боковой канал. При температуре образца  $77 \text{ K}$  измерялась

его магнитострикция от магнитного поля тока разряда конденсатора, величины которого ограничивались сопротивлениями.

График зависимости относительной магнитострикции  $\Delta L/L$  образцов от плотности тока  $j$  представлен на рисунке, *a*. Магнитострикция является отрицательной, а ее зависимость от плотности тока отвечает логарифмическому закону. Действительно, после логарифмирования по  $j$  график магнитострикции представляет собой прямую линию (см. рисунок, *b*). Из последнего графика следует уравнение магнитострикции:

$$-\Delta L/L = (0.9 \lg j) \cdot 10^{-4}. \quad (1)$$

Необходимо отметить, что величина полученной магнитострикции на три порядка больше данных [2]. Это различие можно объяснить тем, что измерения [2] проводились при  $T = 4.2$  К, а настоящие измерения проводились при  $T = 77$  К. Необходимо также отметить, что после разряда конденсатора наблюдалась частичная деформационная релаксация образцов к первоначальной длине. Время релаксации приближалось к 1 h, как и после механического деформирования керамических образцов  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  [5]. Неупругая релаксация образцов объясняется, как правило, слабым пластическим течением стеклообразной межзеренной прослойки при перемещении в ней кристаллитов керамики [6]. Следовательно, различие на три порядка величины магнитострикции, измеренной от 4.2 до 77 К, может быть объяснено влиянием температуры на пластические свойства стеклообразной межзеренной прослойки в керамике.

## Список литературы

- [1] Brandli G. // Phys. Kondens. Materie. 1970. Bd 11. H. 2. P. 93–138.
- [2] Подгорных С.М. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 10. С. 93–99.
- [3] Розно А.Г., Козлов В.А., Лухин А.С., Громов В.В. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 9. С. 149–153.
- [4] Дулькин Е.А. // СФХТ. 1993. Т. 6. № 2. С. 314–318.
- [5] Паниров И.И., Иванцов В.И., Стоев П.И., Соболев В.Л. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 5. С. 1540–1541.
- [6] Бобров В.С., Зверькова И.И., Иванов А.П., Изотов А.Н., Новомлинский Л.А., Николаев Р.К., Осипьян Ю.А., Сидоров Н.С., Шехтман В.Ш. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 3. С. 826–828.